

明 細 書

セラミック回路基板、その製造方法およびパワーモジュール

5 技術分野

本発明は、セラミックス部材と金属材回路層との接合体であるセラミック回路基板、その製造方法、およびその回路基板を用いたパワーモジュールに係り、特に接合界面でのボイドの発生を効果的に抑制でき回路層としての金属材の接合強度を高くすることが可能であり、耐熱サイクル特性を大幅に改善することが可能なセラミックス回路基板、その製造方法およびパワーモジュールに関する。

背景技術

セラミックス材と金属回路材との接合方法としては、従来からMoまたはW等の高融点金属ペーストをセラミックスのシート状成形体表面に印刷して焼結する同時焼成法、回路構成材としての銅と酸素の共晶反応を利用して回路層をセラミックス基板表面に一体に接合する直接接合法（DBC法）、およびTi等の活性金属を含有するろう材を金属回路層の接合材として用いた活性金属法などが広く使用されている。

上記のような接合方法を用いて形成されたセラミックス材と金属材との接合体は、様々な分野に用いられており、その代表例として半導体素子等を搭載接合するセラミックス回路基板が挙げられる。このセラミックス回路基板に要求される特性としては、放熱性が良好であること、セラミックス回路基板全体としての構造強度が高いこと、セラミックス基板と金属回路板との接合強度が高いこと、回路基板としての耐熱サイクル特性が良好であることなどが挙げられる。

また、セラミックス回路基板を構成するセラミックス基板としては、従来から窒化アルミニウム（AlN）、酸化アルミニウム（Al₂O₃）、窒化珪素（Si₃N₄）などの焼結体を使用されている。

例えば、窒化アルミニウム基板は熱伝導率が160W/m・K以上であり、他のセラミックス基板と比べて高い熱伝導率を具備していることから特に放熱性に優れている。また、窒化珪素基板は三点曲げ強度（室温）が600MPa以上であるため、セラミックス基板構成材として使用した場合には回路基板の強度を向上させることができる。それに対し、酸化アルミニウム基板は熱伝導率が20W/m・K程

度であり、また三点曲げ強度も360MPa程度である。そのため、特に高い放熱性や構造強度を得るためには、酸化物系セラミックス基板より窒化物系セラミックス基板を使用する方が回路基板としては好ましいと言える。

一方、セラミックス基板と金属回路板との接合強度に着目すると前述の接合方法
5 の中では活性金属法が好ましい。活性金属法は、Ti, Hf, Zr, Nb等の活性金属の少なくとも1種を含む金属箔、またはこれら活性金属をAg-Cuろう材に添加したペーストをセラミックス基板と金属回路板との間に塗布した後に、熱処理することにより両部材を一体に接合する方法である。窒化物系セラミックス基板を用いた活性金属法による接合を行う場合には、熱処理後に前記活性金属の窒化物から成る接合層が形成され、より強固な接合状態が形成される。このように活性金属法による窒化物系セラミックスと金属部材との接合体は回路基板として求められる特性を満たしており、パワー半導体素子を搭載した半導体モジュール（パワーモジュール）用基板等の電子回路用基板として広く活用されている。

また、従来の半導体実装用絶縁回路基板として、例えばセラミックス基板の両面
15 のいずれか一方または双方にAl-Si系またはAl-Ge系の金属層用ろう材を介して金属回路層を積層接着した構造を有し、上記金属層のビッカース硬度および厚さと、上記セラミックス基板の厚さおよび抗折強度を所定値に調整することにより、回路基板の耐熱サイクル寿命を延ばした回路基板も提案されている（例えば、特許文献1参照。）。

20 さらに従来のセラミックス配線基板として、ろう材との濡れ性に優れたAlやNiなどの金属層をセラミックス基板表面に1~10 μ mの厚さで形成した配線基板も提案されている（例えば、特許文献2参照。）。

〔特許文献1〕特開2001-144234号公報

〔特許文献2〕特開2002-111211号公報

25 しかしながら、上記従来の回路基板においては、構造強度についてはある程度の改善が達成されているものの、耐熱サイクル特性については必ずしも現在の技術的要求を満たしているとは言えなかった。その理由として、近年の半導体素子は高容量化、高出力化、高集積化に伴いその発熱量が増大する傾向にあり、発熱量が増大すると、金属回路板とセラミックス基板との熱膨張差によりセラミックス基板やろう材層にクラックが発生しやすく、その結果、セラミックス基板の絶縁耐圧の低下
30 や、金属回路層の剥離発生という問題が生じていた。特に、活性金属法により金属回路層を接合する場合、窒化物系セラミックス側に活性金属の窒化物相が形成され

る。この活性金属窒化物相は接合強度の向上には有効に働くが、上記熱膨張差による応力に対し、応力緩和機能を具備しているとは言えず、セラミックス基板にクラックが発生し易く、回路基板の耐久性が低くなる難点があった。

上記のような問題点を解決するために、回路層としての銅板の代わりに、アルミニウム板を用い、Al合金ろう材を用いて、セラミックス基板と接合する方式も採用されている。上記アルミニウムは、銅に次ぐ導電性と高い放熱性を有するだけでなく、熱応力により塑性変形し易い性質を有し、セラミックス基板及びはんだ等のクラックを防止できる。一方、Al-Si合金はセラミックス基板表面に存在する酸素と結合して接合するが、特に窒化アルミニウム、窒化けい素などの窒化物系セラミックス基板の場合には、アルミナに代表される酸化物系セラミックス基板と異なり、基板組織の単位面積あたりの酸素が少ないため、接合性（Al-Si合金とセラミックス界面の濡れ性）が低い。それを補うために、接合時に荷重を掛けながら接合しているが、窒化アルミニウム、特に窒化けい素とは、接合性に起因する問題があり、耐熱サイクル特性のばらつきがあり十分対応できているとは言えなかった。

また、ろう材の濡れ性を向上させるために前記のように、Al金属膜を予めセラミックス基板表面に形成しておき、しかる後に接合する方式も採用されていたが、Al金属膜中のAl元素の拡散によって組織表面が部分的に盛り上がる、いわゆるヒロック現象（Hillrock現象）が起こり、Al金属膜とAl-Siろう材との間にボイド（空隙部）が形成され易く、金属回路層の接合強度が低下して回路基板全体としての耐熱サイクル特性が低下し易い難点があった。また、Al金属膜の厚さが1～10μm程度に厚く形成されていたために、Al金属の蒸着時間が長くなり、製造コストが増大化する欠点もあった。

また、半導体分野において、LSIの集積化や高速化が進展していることに加え、GTOやIGBT（Insulated Gate Bipolar Transistor）等のパワーデバイスの用途が拡大しているなどの事情から、シリコンチップ（半導体素子）の発熱量が増加の一途をたどっている。そして、前記パワーモジュールが電気鉄道車両や電気自動車などの長期の信頼性が要求される分野に採用されるに及んで、シリコンチップが搭載されている回路基板、あるいは回路基板が搭載されているモジュールの放熱特性および耐久性が一層重大な関心事となっている。しかしながら、従来のパワーモジュールにおいては接合部の耐久性が不十分であり十分な信頼性が確保できない問題点があった。

本発明は、上記従来の問題点を解決するためになされたものであり、特に接合界面でのボイドの発生を効果的に抑制でき回路層としての金属材の接合強度を高くすることが可能であり、耐熱サイクル特性を大幅に改善することが可能なセラミックス回路基板、その製造方法およびその回路基板を使用したパワーモジュールを提供5 することを目的とする。

発明の開示

本発明者らは上記目的を達成するために、前記ヒロック現象によるAl元素の拡散を効果的に防止抑制する方法について種々検討を行った。その結果、特に従来の10 Al金属膜に代えてセラミックス基板表面に所定厚さのAl合金膜を形成することにより、Al合金膜の厚さが1 μ m未満と薄い場合であっても、上記ヒロック現象を十分に抑制でき、接合面におけるボイドの発生を効果的に防止でき、また回路基板の接合組立てが容易になり製造コストも大幅に低減できるとの知見を得た。本発明は上記知見に基づいて完成されたものである。

15 すなわち、本発明に係るセラミックス回路基板は、Al板とAl-Siろう材とのクラッド材から成る回路層とセラミックス基板とを一体に接合したセラミックス回路基板において、上記クラッド材のAl-Siろう材側の表面が、セラミックス基板表面に形成した厚さ1 μ m未満のAl合金膜を介して上記セラミックス基板に接合されていることを特徴とする。

20 本発明において、回路層はAl板とAl-Siろう材とのクラッド材から構成され、回路層の厚さは通電容量を勘案して0.15~0.5mmの範囲が好ましい。

また、上記セラミックス回路基板において、前記セラミックス基板が窒化アルミニウム焼結体または窒化けい素焼結体により形成されていることが好ましい。

本発明に係るセラミックス回路基板を構成するセラミックス基板としては、所定の放熱性および構造強度を有する限り、特に限定されるものではなく、窒化アルミニウム、窒化けい素、サイアロン(Si-Al-O-N)等の窒化物系セラミックスの焼結体、炭化けい素(SiC)等の炭化物系セラミックスの焼結体、酸化アルミニウム(Al_2O_3)、ジルコニア(ZrO_2)等の酸化物系セラミックスの焼結体からなる基板が好適に使用できる。しかしながら、基板組織表面における酸素濃度25 度が低い窒化物系セラミックス基板であっても接合性の改善効果が高いため、特にセラミックス基板が窒化アルミニウム基板または窒化けい素基板である場合に特に優れた作用効果が得られる。

また、セラミックス基板表面に形成したA l 合金膜は、A l - S i ろう材の濡れ性を改善し回路層としてのクラッド材のセラミックス基板に対する接合強度を高めるものであり、スパッタリング法や蒸着法などで形成される。またA l 合金膜によれば、加熱接合時においても、A l 元素の拡散移動は起こらず、A l の拡散によってボイドが発生することもない。このA l 合金膜の厚さは1 μ m未満とされる。A l 合金膜の厚さが0. 1 μ m未満と過小になると上記濡れ性の改善効果が不十分となる一方、1 μ m以上となるように形成しても、上記効果は飽和してしまうと共にA l 合金膜の形成に長時間を要することに成り、製造効率が低下する。したがって、A l 合金膜の厚さは1 μ m未満とされるが、0. 1 ~ 0. 5 μ mの範囲がより好ましい。

また、上記セラミックス回路基板において、前記A l 合金膜は、Y, S c, L a, C e, N d, S m, G d, T b, D y, E r, T hおよびS rから選択される少なくとも1種の希土類元素を1 ~ 5 a t %含有することが好ましい。このように、所定の希土類元素を所定量含有する合金でA l 合金膜を形成した場合には、特にろう材の濡れ性を更に適度に調整することが可能となり、濡れ性の過度の亢進によるろう材の流失を防止することが可能となり、回路層の接合強度をさらに高めることができる上に、接合面におけるボイドの発生を効果的に防止することができる。

さらに、上記セラミックス回路基板において、前記A l - S i ろう材のA l 含有量が8 5質量%以上であり、かつS i 含有量が6 ~ 1 5質量%の範囲であることが好ましい。このA l - S i ろう材のA l 含有量およびS i 含有量が上記範囲内であると、A l より融点が5 0 ~ 1 0 0 $^{\circ}$ C低くなり、回路層としてのA l - S i 合金層の接合が容易である一方、A l - S i ろう材による接合も容易になる。

上記のような本発明に係るセラミックス回路基板の製造方法は、A l 板とA l - S i ろう材とのクラッド材から成る回路層とA l 合金膜とを一体に接合したセラミックス回路基板の製造方法において、A l 板とA l - S i ろう材とのクラッド材から成る回路層と、表面にA l 合金膜を形成したセラミックス基板とを重ね、押圧力が0. 2 M P a以上となるように荷重を加えた状態で、真空度が1 0 $^{-2}$ P a以上である雰囲気中で、温度5 8 0 ~ 6 3 0 $^{\circ}$ Cで加熱して上記回路層とセラミックス基板とを接合することを特徴とする。

上記製造方法において、接合時の押圧力が0. 2 M P a未満の場合には、クラッド材から成る回路層とセラミックス基板との密着性が不完全になる。また、上記真空度の範囲の雰囲気において、A l - S i の酸化が進行し、濡れ性が低下して接合

性も低下する。さらに上記接合温度範囲（ $580 \sim 630^{\circ}\text{C}$ ）で加熱することにより、上記クラッド材からなる回路層を、Al合金膜を形成したセラミックス基板に短時間に一体に接合することが可能である。

また、本発明に係るパワーモジュールは、Al板とAl-Siろう材とのクラッド材から成る回路層とセラミックス基板とを一体に接合したセラミックス回路基板であり、上記クラッド材のAl-Siろう材側の表面が、セラミックス基板表面に形成した厚さ $1\mu\text{m}$ 未満のAl合金膜を介して上記セラミックス基板に接合されているセラミックス回路基板と、上記回路層に搭載された半導体素子と、この半導体素子から発生した熱を上記セラミックス回路基板を経由して放出するヒートシンクとを備えることを特徴とする。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明に係るセラミックス回路基板の一実施例の構成を示す断面図である。

第2図は、本発明に係るセラミックス回路基板を使用したパワーモジュールの構成例を示す断面図である。

発明を実施するための最良の形態

次に本発明に係るセラミックス回路基板の実施例について添付図面を参照して具体的に説明する。

[実施例1～116および比較例1～45]

各実施例用および比較例用のセラミックス基板として、表1～表6に示すように、厚さが $0.625 \sim 1.2\text{mm}$ の窒化けい素（ Si_3N_4 ）基板、窒化アルミニウム（AlN）基板、サイアロン（Si-Al-O-N）基板、炭化けい素（SiC）基板および酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）基板を多数用意し、回路層としてのクラッド材を接合するセラミックス基板表面に対してブラスト処理と研磨加工とを実施して表面粗さ（Ra）が $1\mu\text{m}$ となるように調整した。

次に、表面粗さを調整したセラミックス基板の回路層接合箇所に、表1～表6に示すような組成および厚さを有するAl合金膜を蒸着法により形成した。

一方、表1～表6に示すような組成を有するAl回路板とAl-Siろう材とを75：25の厚さ比で圧延加工して両者を一体に接合した回路層としてのクラッド材をそれぞれ調製した。調製した各クラッド材の厚さは表1～表6に示す値に設定

した。

次に、上記のように調製した回路板としてのA1板とA1-Siろう材とのクラッド材から成る回路層と、表面にA1合金膜（実施例）やA1金属膜（比較例1）を形成したセラミックス基板とを重ね、表1～表6に示す押圧力となるように荷重を加えた状態で、表1～表6に示す真空度の雰囲気中で、表1～表6に示す温度まで加熱処理して上記回路層とセラミックス基板とを接合することにより、各実施例および比較例に係るセラミックス回路基板を製造した。

上記製造されたセラミックス回路基板1は、第1図に示すようにA1板から成る回路板2とA1-Siろう材層3とのクラッド材から成る回路層4が、表面にA1合金膜5（実施例）やA1金属膜（比較例1）を形成したセラミックス基板6の表面に一体に接合された構造を有する。

上記のように製造された各実施例および比較例に係るセラミックス回路基板の特性を評価するために、次のような測定試験を実施した。まず、超音波探傷装置により各セラミックス回路基板の回路層下部の接合面におけるボイド率を測定した。このボイド率は超音波探傷装置により撮影された20mm四方の接合面に存在するボイドの影像を画像解析して求め、接合面積20mm□当りのボイド面積率として測定した。

また、各実施例および比較例に係るセラミックス回路基板1の回路層4を、第1図において垂直上方に引張り上げ回路層4がセラミックス基板6から剥離した時の引張り荷重を接合面積で除した値を接合強度として測定した。各測定値およびセラミックス回路基板の仕様、接合条件等を下記表1～表6にまとめて示す。

[表1]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成		セラミックス基板表面のAl合金膜		接合処理温度			接合強度 (N/20mm ²)	ポイド面積率 (%)
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Siろう材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μ m)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)		
実施例1	Si ₃ N ₄	98Al	15Si-Al	0.2	5Y-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	45	9
実施例2	Si ₃ N ₄	97Al	7.5Si-Al	0.5	4Gd-Al	0.1	1	10 ⁻²	47.3	5.6
実施例3	AlN	98Al	10Si-Al	0.3	3Er-Al	0.8	0.3	10 ⁻²	55.8	2.3
実施例4	AlN	95Al	10Si-Al	0.5	4Y-1Ce-Al	0.5	0.6	10 ⁻²	61.9	0.3
実施例5	Si-Al-O-N	98Al	10Si-Al	0.3	4Nd-Al	0.2	1	10 ⁻²	48.2	7.8
実施例6	Si-Al-O-N	96Al	6Si-Al	0.15	5Sc-Al	0.1	0.8	10 ⁻²	46.8	8.9
実施例7	SiC	95Al	8Si-Al	0.3	3Y-1La-0.5Sr-Al	0.3	0.2	10 ⁻²	41.2	4.3
実施例8	SiC	99Al	7.5Si-Al	0.5	3Dy-1Th-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	43.5	3.1
実施例9	Al ₂ O ₃	98Al	10Si-Al	0.3	3Tb-Al	0.3	0.3	10 ⁻²	63.2	7.5
実施例10	Al ₂ O ₃	97Al	7.5Si-Al	0.5	3Y-Al	0.4	0.3	10 ⁻²	60.4	2.8
実施例11	Si ₃ N ₄	99Al	15Si-Al	0.2	3Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	58.2	0.7
実施例12	Si ₃ N ₄	99Al	15Si-Al	0.5	1Y-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	50.3	4.5
実施例13	Si ₃ N ₄	97Al	15Si-Al	0.2	3Nd-Al	0.8	0.2	10 ⁻²	53.6	2.4
実施例14	Si ₃ N ₄	96Al	15Si-Al	0.2	3Er-Al	0.5	1.5	10 ⁻²	61.9	1.4
実施例15	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.15	3Y-Al	0.1	1	10 ⁻²	63.3	0
実施例16	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.2	3Y-Al	0.8	2.5	10 ⁻²	64.5	0
実施例17	Si ₃ N ₄	98Al	12Si-Al	0.2	4Sm-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	53.7	2
実施例18	Si ₃ N ₄	98Al	12Si-Al	0.2	5Gd-Al	0.8	2	10 ⁻²	64.6	0
実施例19	Si ₃ N ₄	95Al	12Si-Al	0.3	4Sc-Al	0.8	1	10 ⁻²	56.3	0.8
実施例20	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.5	1Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	47.8	5.5
実施例21	Si ₃ N ₄	98Al	10Si-Al	0.5	1Er-Al	0.5	2	10 ⁻²	59.2	0.2
実施例22	Si ₃ N ₄	97Al	10Si-Al	0.2	2Sr-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	61.5	0.4
実施例23	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.15	2Ce-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	55.9	1.6
実施例24	Si ₃ N ₄	95Al	10Si-Al	0.5	2Dy-Al	0.8	0.2	10 ⁻²	48.4	2.2
実施例25	Si ₃ N ₄	99Al	7.5Si-Al	0.1	4Th-Al	0.1	1	10 ⁻²	45.5	6
実施例26	Si ₃ N ₄	98Al	7.5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.5	2	10 ⁻²	62.7	0
実施例27	Si ₃ N ₄	98Al	7.5Si-Al	0.5	5Tb-Al	0.3	1	10 ⁻²	51.8	3.6
実施例28	Si ₃ N ₄	98Al	7.5Si-Al	0.3	4La-Al	0.5	1.5	10 ⁻²	58.9	0.2
実施例29	Si ₃ N ₄	99Al	7.5Si-Al	0.2	1Gd-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	51.2	3.3
実施例30	Si ₃ N ₄	99Al	7.5Si-Al	0.4	5Er-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	55.6	1.5

[表2]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成			セラミックス基板表面のAl合金膜		接合処理温度			接合強度 (N/20mm ²)	ポイド面積率 (%)
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Si ₃ N ₄ 材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μm)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)	温度 (°C)		
実施例31	Si ₃ N ₄	98Al	7.5Si-Al	0.3	4Ce-Al	0.2	1.5	10 ⁻²	615	60.1	0.1
実施例32	Si ₃ N ₄	95Al	7.5Si-Al	0.2	5Dy-Al	0.3	0.3	10 ⁻²	630	51.6	0.9
実施例33	Si ₃ N ₄	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.8	0.5	10 ⁻²	630	57.9	0.9
実施例34	Si ₃ N ₄	98Al	6Si-Al	0.5	5Nd-Al	0.8	1	10 ⁻²	630	54.3	1.8
実施例35	Si ₃ N ₄	97Al	6Si-Al	0.3	1Nd-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	630	50.9	4.8
実施例36	Si ₃ N ₄	95Al	6Si-Al	0.2	3Gd-0.5Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	630	57.6	1.6
実施例37	Si ₃ N ₄	95Al	7.5Si-Al	0.15	2Ce-Er-Al	0.5	1	10 ⁻²	620	58.1	0.8
実施例38	Si ₃ N ₄	97Al	12Si-Al	0.5	3Gd-0.5Y-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	580	55.8	1.8
実施例39	Si ₃ N ₄	95Al	15Si-Al	0.3	3Nd-La-Al	0.3	1	10 ⁻²	615	59.6	0.3
実施例40	Si ₃ N ₄	98Al	7.5Si-Al	0.5	3Nd-La-Al	0.8	0.5	10 ⁻²	615	54.1	1.6
実施例41	AlN	99Al	15Si-Al	0.2	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	615	58.3	1
実施例42	AlN	97Al	15Si-Al	0.2	3Nd-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	615	56.6	1.9
実施例43	AlN	99Al	12Si-Al	0.15	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	580	65.7	0
実施例44	AlN	98Al	12Si-Al	0.2	5Gd-Al	0.6	0.2	10 ⁻²	580	56.9	1.8
実施例45	AlN	99Al	10Si-Al	0.5	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	600	63.8	0
実施例46	AlN	97Al	10Si-Al	0.2	2Sr-Al	0.8	1	10 ⁻²	590	59.1	0.5
実施例47	AlN	99Al	10Si-Al	0.15	2Ce-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	57	1.8
実施例48	AlN	95Al	10Si-Al	0.5	2Dy-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	605	58.6	1.5
実施例49	AlN	99Al	7.5Si-Al	0.1	4Th-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	605	51.3	4.6
実施例50	AlN	99Al	7.5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	610	62.8	0.1
実施例51	AlN	98Al	7.5Si-Al	0.5	5Tb-Al	0.1	0.2	10 ⁻²	610	53.6	2.3
実施例52	AlN	99Al	7.5Si-Al	0.4	5Er-Al	0.6	1.5	10 ⁻²	605	55.5	2
実施例53	AlN	95Al	7.5Si-Al	0.2	5Dy-Al	0.8	2	10 ⁻²	615	64	0
実施例54	AlN	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	630	60.3	1
実施例55	AlN	95Al	6Si-Al	0.2	3Ce-1.5Sr-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	630	59.1	0.2
実施例56	AlN	95Al	15Si-Al	0.3	3La-2Gd-Al	0.8	1	10 ⁻²	620	58.3	0.9
実施例57	AlN	97Al	12Si-Al	0.5	3.5Er-0.5Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	580	62.5	0
実施例58	AlN	98Al	7.5Si-Al	0.5	2Sr-2Dy-Al	0.6	0.5	10 ⁻²	615	58.4	1.2
実施例59	AlN	95Al	7.5Si-Al	0.15	2Sm-1Nd-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	620	54.9	2.4
実施例60	Si-Al-O-N	99Al	15Si-Al	0.2	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	625	53.4	2

[表3]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成		セラミックス基板表面のAl合金膜		接合処理温度		接合強度 (N/20mm ²)	ポイド面積率 (%)
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Siろう材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μm)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)	温度 (°C)
実施例61	Si-Al-O-N	97Al	15Si-Al	0.2	3Nd-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	620
実施例62	Si-Al-O-N	99Al	12Si-Al	0.15	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	580
実施例63	Si-Al-O-N	98Al	12Si-Al	0.2	5Gd-Al	0.6	1.5	10 ⁻²	580
実施例64	Si-Al-O-N	99Al	10Si-Al	0.5	3Y-Al	0.3	2	10 ⁻²	600
実施例65	Si-Al-O-N	97Al	10Si-Al	0.2	2Sr-Al	0.8	0.5	10 ⁻²	605
実施例66	Si-Al-O-N	99Al	10Si-Al	0.15	2Ce-Al	0.5	1	10 ⁻²	610
実施例67	Si-Al-O-N	95Al	10Si-Al	0.5	2Dy-Al	0.2	0.5	10 ⁻²	610
実施例68	Si-Al-O-N	99Al	7.5Si-Al	0.1	4Th-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	610
実施例69	Si-Al-O-N	99Al	7.5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	615
実施例70	Si-Al-O-N	98Al	7.5Si-Al	0.5	5Tb-Al	0.1	0.2	10 ⁻²	620
実施例71	Si-Al-O-N	99Al	7.5Si-Al	0.4	5Er-Al	0.6	0.5	10 ⁻²	630
実施例72	Si-Al-O-N	95Al	7.5Si-Al	0.2	5Dy-Al	0.8	1	10 ⁻²	620
実施例73	Si-Al-O-N	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	630
実施例74	Si-Al-O-N	95Al	6Si-Al	0.2	3Tb-0.5Y-Al	0.8	0.2	10 ⁻²	630
実施例75	Si-Al-O-N	95Al	15Si-Al	0.3	2.5Dy-2Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	620
実施例76	Si-Al-O-N	97Al	12Si-Al	0.5	3.5Th-1Ce-Al	0.5	1	10 ⁻²	580
実施例77	Si-Al-O-N	98Al	7.5Si-Al	0.5	3Y-2Gd-Al	0.8	0.2	10 ⁻²	615
実施例78	Si-Al-O-N	95Al	7.5Si-Al	0.15	2.5Nd-2Th-Al	0.2	1	10 ⁻²	620
実施例79	SiC	99Al	15Si-Al	0.2	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	615
実施例80	SiC	97Al	15Si-Al	0.2	3Nd-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	610
実施例81	SiC	99Al	12Si-Al	0.15	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	580
実施例82	SiC	98Al	12Si-Al	0.2	5Gd-Al	0.6	0.2	10 ⁻²	600
実施例83	SiC	99Al	10Si-Al	0.5	3Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	600
実施例84	SiC	97Al	10Si-Al	0.2	2Sr-Al	0.8	1	10 ⁻²	610
実施例85	SiC	99Al	10Si-Al	0.15	2Ce-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	610
実施例86	SiC	95Al	10Si-Al	0.5	2Dy-Al	0.2	0.5	10 ⁻²	600
実施例87	SiC	99Al	7.5Si-Al	0.1	4Th-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	615
実施例88	SiC	99Al	7.5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	2	10 ⁻²	615
実施例89	SiC	98Al	7.5Si-Al	0.5	5Tb-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	620
実施例90	SiC	99Al	7.5Si-Al	0.4	5Er-Al	0.6	2.5	10 ⁻²	610

[表4]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成			セラミックス基板表面のAl合金膜		接合処理温度		接合強度 (N/20mm ²)	ポイド面積率 (%)
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Siろう材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μm)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)		
実施例91	SiC	95Al	7.5Si-Al	0.2	5Dy-Al	0.8	1	10 ⁻²	44	2.5
実施例92	SiC	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	51.3	0
実施例93	SiC	95Al	6Si-Al	0.2	3Tb-1.5Er-Al	0.8	0.5	10 ⁻²	48.7	0.4
実施例94	SiC	95Al	15Si-Al	0.3	3La-0.5Sm-Al	0.8	0.2	10 ⁻²	43.5	2.5
実施例95	SiC	97Al	12Si-Al	0.5	4Sm-0.5Y-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	42.6	3.2
実施例96	SiC	98Al	7.5Si-Al	0.5	2.5Y-1Sr-Al	0.5	1	10 ⁻²	49.8	0.7
実施例97	SiC	95Al	7.5Si-Al	0.15	2.5Y-2Nd-Al	0.2	1	10 ⁻²	42.4	3.3
実施例98	Al ₂ O ₃	99Al	15Si-Al	0.2	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	60.8	0.2
実施例99	Al ₂ O ₃	97Al	15Si-Al	0.2	3Nd-Al	0.5	1	10 ⁻²	64.5	0.1
実施例100	Al ₂ O ₃	99Al	12Si-Al	0.15	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	66	0
実施例101	Al ₂ O ₃	98Al	12Si-Al	0.2	5Gd-Al	0.6	0.5	10 ⁻²	61.2	0.5
実施例102	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.5	3Y-Al	0.3	2	10 ⁻²	65.8	0
実施例103	Al ₂ O ₃	97Al	10Si-Al	0.2	2Sr-Al	0.8	1	10 ⁻²	60.5	2.5
実施例104	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.15	2Ce-Al	0.5	0.2	10 ⁻²	61.8	6
実施例105	Al ₂ O ₃	95Al	10Si-Al	0.5	2Dy-Al	0.2	0.5	10 ⁻²	60.4	4.2
実施例106	Al ₂ O ₃	99Al	7.5Si-Al	0.1	4Th-Al	0.2	0.5	10 ⁻²	58.8	2.9
実施例107	Al ₂ O ₃	99Al	7.5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	1	10 ⁻²	64.2	0.1
実施例108	Al ₂ O ₃	98Al	7.5Si-Al	0.5	5Tb-Al	0.1	0.5	10 ⁻²	60.7	3.6
実施例109	Al ₂ O ₃	99Al	7.5Si-Al	0.4	5Er-Al	0.6	1	10 ⁻²	61.3	1.9
実施例110	Al ₂ O ₃	95Al	7.5Si-Al	0.2	5Dy-Al	0.8	1.5	10 ⁻²	64.8	0.4
実施例111	Al ₂ O ₃	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	1.5	10 ⁻²	62.1	0.5
実施例112	Al ₂ O ₃	95Al	6Si-Al	0.2	4Gd-0.5Y-Al	0.2	1	10 ⁻²	61.5	3
実施例113	Al ₂ O ₃	95Al	15Si-Al	0.3	4Nd-0.5Sm-Al	0.8	1	10 ⁻²	63.8	0.4
実施例114	Al ₂ O ₃	97Al	12Si-Al	0.5	3.5Er-0.5Y-Al	0.5	2	10 ⁻²	63.6	0
実施例115	Al ₂ O ₃	98Al	7.5Si-Al	0.5	3Gd-0.5Y-Al	0.6	0.2	10 ⁻²	63.6	2.1
実施例116	Al ₂ O ₃	95Al	7.5Si-Al	0.15	2Ce-Er-Al	0.2	0.2	10 ⁻²	59.7	3.1

[表5]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成		セラミックス基板表面のAl合金膜			接合処理温度		接合強度 (N/20mm口)	ポイド面積率 (%)	
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Siろう材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μm)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)			温度 (°C)
比較例1	Si ₃ N ₄	98Al	15Si-Al	0.2	100Al	0.3	0.8	10 ⁻²	650	30.2	28.1
比較例2	Si ₃ N ₄	97Al	18Si-Al	0.4	4Gd-Al	0.1	1	10 ⁻²	600	36.3	18.2
比較例3	AlN	98Al	10Si-Al	0.5	4Y-1Ce-Al	1.1	0.6	10 ⁻²	590	33.9	13.2
比較例4	Si-Al-O-N	97Al	5Si-Al	0.3	4Nd-Al	0.2	0.6	10 ⁻²	600	29.4	20.5
比較例5	SiC	96Al	7.5Si-Al	0.5	4Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	570	10.5	61.7
比較例6	Al ₂ O ₃	98Al	10Si-Al	0.3	3Tb-Al	0.5	0.1	10 ⁻²	630	24.6	55.1
比較例7	AlN	97Al	7.5Si-Al	0.5	10Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	38.3	15.8
比較例8	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	10Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	28.4	22.5
比較例9	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	10Sc-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	24.6	26.4
比較例10	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	10La-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	27.2	20
比較例11	AlN	99Al	10Si-Al	0.3	10Ce-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	33.6	15.8
比較例12	AlN	99Al	10Si-Al	0.3	10Nd-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	30.2	16.7
比較例13	AlN	98Al	10Si-Al	0.3	10Sm-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	28.7	21.5
比較例14	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.3	10Gd-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	33	17
比較例15	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.3	10Tb-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	31.2	20.1
比較例16	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.3	10Dy-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	37.3	15.8
比較例17	SiC	99Al	10Si-Al	0.3	10Er-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	31.3	15.2
比較例18	SiC	99Al	10Si-Al	0.3	10Th-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	32.5	15.1
比較例19	Si-Al-O-N	99Al	10Si-Al	0.3	10Sr-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	600	29.4	17.5
比較例20	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.3	3Y-Al	1.5	0.5	10 ⁻²	580	30.4	15.9

[表6]

試料No	セラミックス 基板種類	クラッド材(回路層)構成			セラミックス基板表面のAl合金膜		接合処理温度		接合強度 (N/20mm ²)	ポイド面積率 (%)
		回路板のAl含有量 (質量%)	Al-Siろう材組成 (質量%)	全厚さ (mm)	組成 (at%)	厚さ (μm)	押圧力 (MPa)	真空度 (Pa)		
比較例21	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.1	10 ⁻²	10.4	68.8
比較例22	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	11.6	65.2
比較例23	Si ₃ N ₄	99Al	6Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	28.7	30.4
比較例24	AlN	99Al	12Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	25.9	33.2
比較例25	AlN	98Al	12Si-Al	0.3	100Al	0.3	0.8	10 ⁻²	38.7	21.3
比較例26	Si ₃ N ₄	99Al	18Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	21.6	46.7
比較例27	Si-Al-O-N	99Al	5Si-Al	0.3	3Y-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	33.4	22.6
比較例28	Si-Al-O-N	99Al	10Si-Al	0.3	3Nd-Al	1.5	0.5	10 ⁻²	28.9	15.7
比較例29	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	3Nd-Al	0.3	0.1	10 ⁻²	12.1	64.5
比較例30	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	3Gd-Al	1.5	0.5	10 ⁻²	34.2	20.6
比較例31	SiC	99Al	10Si-Al	0.3	3Gd-Al	0.3	0.1	10 ⁻²	9.8	74.3
比較例32	SiC	99Al	12Si-Al	0.3	3Er-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	28.6	23.2
比較例33	Si ₃ N ₄	99Al	6Si-Al	0.3	3Ce-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	34.5	18.2
比較例34	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.3	3Nd-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	28.2	15.9
比較例35	AlN	99Al	18Si-Al	0.3	4Gd-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	35.6	13.6
比較例36	Al ₂ O ₃	99Al	5Si-Al	0.3	4Sc-Al	0.3	0.5	10 ⁻²	31.2	16.8
比較例37	Si ₃ N ₄	99Al	10Si-Al	0.3	5Gd-3Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	31.2	16.7
比較例38	Si-Al-O-N	99Al	10Si-Al	0.3	5Ce-3Er-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	36.6	15.5
比較例39	AlN	99Al	10Si-Al	0.3	5Gd-3Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	33.4	18
比較例40	Al ₂ O ₃	99Al	10Si-Al	0.3	5Nd-3La-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	30.8	19.6
比較例41	SiC	99Al	10Si-Al	0.3	5Y-5Er-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	33.4	15.1
比較例42	Si ₃ N ₄	99Al	12Si-Al	0.3	4Gd-0.5Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻¹	19.5	23
比較例43	Al ₂ O ₃	99Al	6Si-Al	0.3	4Nd-0.5Sm-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	20.5	35.6
比較例44	AlN	99Al	12Si-Al	0.3	3.5Er-0.5Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	34.1	17.4
比較例45	AlN	99Al	10Si-Al	0.3	3Gd-0.5Y-Al	0.5	0.5	10 ⁻²	32.5	18.5

上記表 1 ～ 表 6 に示す結果から明らかなように、セラミックス基板表面に所定厚さの A l 合金膜を形成した各実施例に係るセラミックス回路基板によれば、A l 合金膜の厚さが 1 μ m 未満と薄い場合であっても、比較例と較べてボイド面積率が小さく、加熱接合時における A l 元素の拡散および接合面での噴出し（ヒロック現象）が効果的に抑制されていることが判明した。そのため、接合面におけるボイドの発生を効果的に防止でき、接合強度が大幅に増大する方向に改善されることが確認できた。また、A l 合金膜の厚さが 1 μ m 未満と薄くできるため、蒸着等による A l 合金膜の成膜時間が短縮でき、かつ接合操作も簡略化できるために、回路基板の接合組立てが容易になり製造コストも大幅に低減できることが判明した。

一方、セラミックス基板表面に予め A l 金属膜を形成した比較例 1 に係るセラミックス回路基板によれば、加熱接合時における A l 元素の拡散が顕著であり、接合面での A l 元素の噴出し（ヒロック現象）が抑制されておらず、ボイド面積率の急増に比例して接合強度も大幅に低下してしまうことが再確認された。

また、比較例 2 ～ 7 に示すように、A l 合金膜の組成（比較例 1 および比較例 7）、接合温度（比較例 1 および比較例 5）、A l—S i ろう材組成（比較例 2 および比較例 4）、A l 合金膜の厚さ（比較例 3）、接合時の押圧力（比較例 6）などが、本発明で規定される好ましい範囲を外れる場合には回路層の接合強度およびボイド面積特性が低下することが判明した。

図 2 は本発明に係るセラミックス回路基板を使用した一実施例に係るパワーモジュールの構成例を示す断面図である。すなわち、本実施例に係るパワーモジュール 10 の内部に配置されたセラミックス回路基板 1 の A l 回路板 2 の表面には、パワー素子として I G B T (I n s u l a t e d G a t e B i p o l a r T r a n s i s t o r) が形成された半導体チップ（半導体素子）11 が半田 12 で固定されている。

A l 回路板 2 はコレクタ用電極端子（図示せず）に接続されており、半導体チップ 11 にコレクタ電圧を供給する。A l や A u 等の金属細線で構成されるボンディングワイア 13 の両端は、半導体チップ 11 上のゲート電極 14 とセラミックス基板 6 上の金属膜 15 に超音波溶接で接合されている。金属膜 15 はゲート用電極端子（図示せず）に接続されているため、ボンディングワイア 13 とゲート用電極端子とは電氣的に接続され、ゲート用電極端子からボンディングワイア 13 を介してゲート電圧が供給される。また、ボンディングワイア 16 の両端は、半導体素子 11 上のエミッタ電極 17 とセラミックス基板 6 上の金属膜 18 に超音波溶接で接合

されている。エミッタ用電極端子 19 は半田 20 で金属膜 18 に取り付けられているので、ボンディングワイア 16 とエミッタ用電極端子 19 とは電氣的に接続され、エミッタ用電極端子 19 からボンディングワイア 16 を介してエミッタ電圧が供給される。

5 セラミックス基板 6 の下面は、金属膜 22 および半田 26 を介して金属基板（ヒートシンク）24 上に接合されている。プラスチック等の材質で形成された外殻ケース 28 と金属基板 24 とでパッケージ 29 が構成され、半導体チップ 11、セラミックス基板 6、A1 回路層 2、金属膜 15、18、ボンディングワイア 13、16 とエミッタ用電極端子 19 一部分は、パッケージ 29 に封止されており、一つの
10 パワーモジュール 10 を構成している。金属基板 24 はヒートシンクを兼ねるものとして形成できるが、金属基板 24 とは別に放熱フィン（ヒートシンク）を設置しても良い。半導体チップ 11 で発生した熱は金属基板 24 を介して半導体チップ 11 の下面側に放熱されることにより、半導体チップ 11 が冷却されるため、その動作機能が良好に維持される。

15 上記構成を有する実施例に係るパワーモジュールによれば、セラミックス基板の接合界面でのボイドの発生を効果的に抑制でき回路層としての金属材の接合強度を高くすることが可能となるため、耐熱サイクル特性を大幅に改善することが可能なパワーモジュールが得られ、十分な信頼性を確保することが可能になる。

20 産業上の利用可能性

本発明に係るセラミックス回路基板、その製造方法およびパワーモジュールによれば、セラミックス基板表面に所定厚さの A1 合金膜を形成しているため、この A1 合金膜の厚さが 1 μ m 未満と薄い場合であっても、加熱接合時における A1 元素の拡散および接合面での噴出し（ヒロック現象）が効果的に抑制でき、接合面におけるボイドの発生を効果的に防止でき、また回路基板の接合組立てが容易になり製造コストも大幅に低減できる。

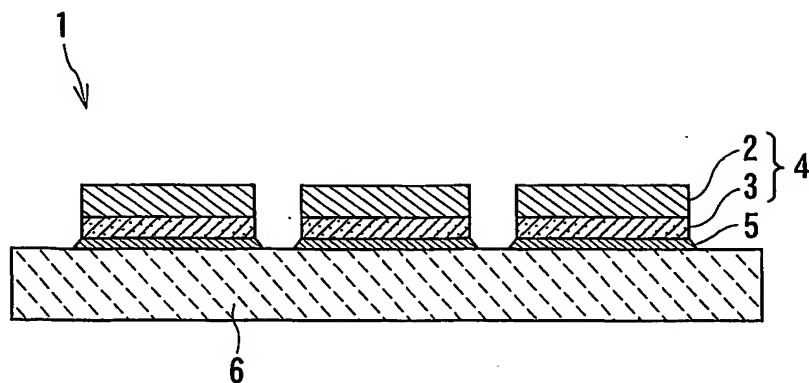
25

請求の範囲

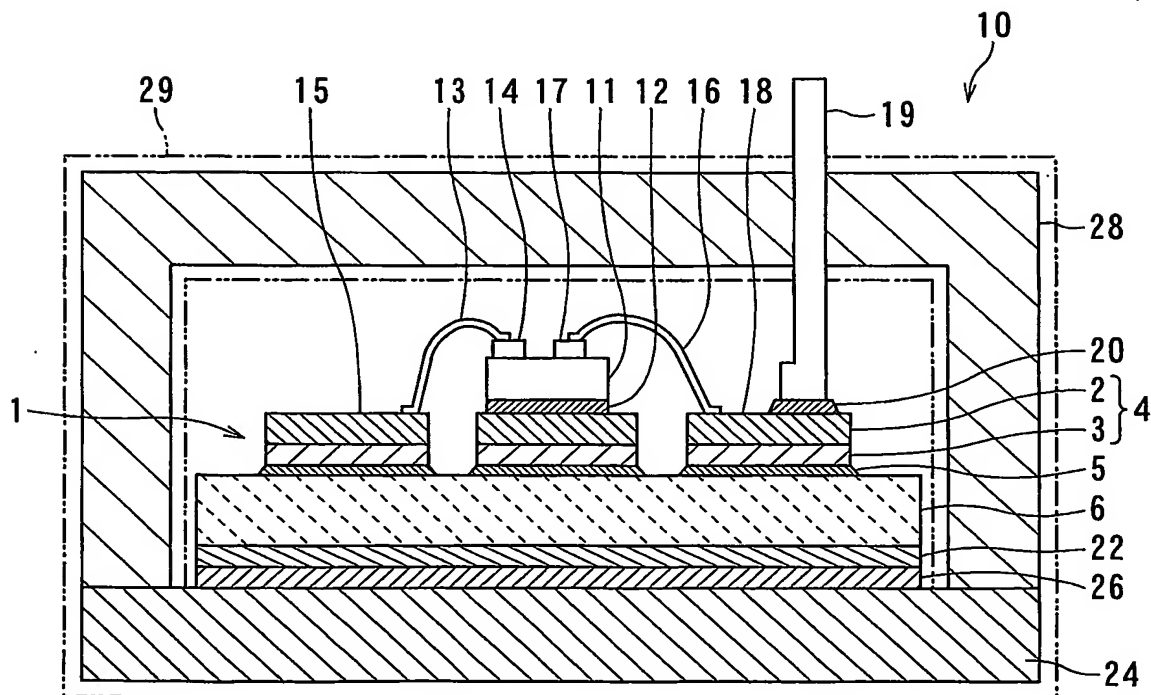
1. Al板とAl-Siろう材とのクラッド材から成る回路層とセラミックス基板とを一体に接合したセラミックス回路基板において、上記クラッド材のAl-Si
5 iろう材側の表面が、セラミックス基板表面に形成した厚さ1 μm 未満のAl合金膜を介して上記セラミックス基板に接合されていることを特徴とするセラミックス回路基板。
2. 前記セラミックス基板が窒化アルミニウム焼結体、窒化けい素焼結体、炭化け
10 い素焼結体およびサイアロン焼結体のいずれかにより形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載のセラミックス回路基板。
3. 前記Al-Siろう材のAl含有量が85質量%以上であり、かつSi含有量が6~15質量%の範囲であることを特徴とする請求の範囲第1項記載のセラミ
15 ックス回路基板。
4. 前記Al合金膜は、Y, Sc, La, Ce, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Er, ThおよびSrから選択される少なくとも1種の希土類元素を1~5 at
20 %含有することを特徴とする請求の範囲第1項記載のセラミックス回路基板。
5. Al板とAl-Siろう材とのクラッド材から成る回路層とAl合金膜とを一体に接合したセラミックス回路基板の製造方法において、上記Al板とAl-Si
iろう材とのクラッド材から成る回路層と、表面にAl合金膜を形成したセラミ
25 ックス基板とを重ね、押圧力が2 kg/cm^2 以上となるように荷重を加えた状態で、真空度が 10^{-2} Pa以上である雰囲気中で、温度580~630℃で加熱して上記回路層とセラミックス基板とを接合することを特徴とするセラミック回路基板の製造方法。
6. Al板とAl-Siろう材とのクラッド材から成る回路層とセラミックス基板
30 とを一体に接合したセラミックス回路基板であり、上記クラッド材のAl-Siろう材側の表面が、セラミックス基板表面に形成した厚さ1 μm 未満のAl合金膜を介して上記セラミックス基板に接合されているセラミックス回路基板と、上

記回路層に搭載された半導体素子と、この半導体素子から発生した熱を上記セラミックス回路基板を経由して放出するヒートシンクとを備えることを特徴とするパワーモジュール。

1/1



第1図



第2図

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/014528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H05K3/38, H01L23/12, H01L23/14

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H05K3/38, H01L23/12, H01L23/14

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 5-166968 A (Mitsubishi Materials Corp.), 02 July, 1993 (02.07.93), (Family: none)	1-6
A	JP 2001-144234 A (Mitsubishi Materials Corp.), 25 May, 2001 (25.05.01), (Family: none)	1-6
A	JP 2002-111211 A (Kyocera Corp.), 12 April, 2002 (12.04.02), (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 October, 2004 (21.10.04)

Date of mailing of the international search report
09 November, 2004 (09.11.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H05K3/38, H01L23/12, H01L23/14

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H05K3/38, H01L23/12, H01L23/14

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 5-166968 A (三菱マテリアル株式会社) 1993. 07. 02 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2001-144234 A (三菱マテリアル株式会社) 2001. 05. 25 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2002-111211 A (京セラ株式会社) 2002. 04. 12 (ファミリーなし)	1-6

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 10. 2004

国際調査報告の発送日

09.11.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鏡 宣宏

3S

9341

電話番号 03-3581-1101 内線 3389